

土壌ポット試験によるハウレンソウの育成に対する生分解性プラスチックの影響

志摩大輔* 渡邊浩一郎**

(平成 18 年 12 月 4 日受理)

Effect of biodegradable plastics in soil on plant growth of spinach by pot experiment

Daisuke SHIMA* Koichiro WATANABE**

Recently, biodegradable plastics are being increasingly used in various applications. In agriculture, biodegradable plastics have been used as materials for plastic film in mulching treatment and plant pot. However, the effect of biodegradable plastics in soil on plant growth is yet to be clarified.

Two experiments were carried out to investigate the effect of the degradable properties and concentration of biodegradable plastics in soil on plant growth and components of spinach. In experiment 1, 0.05%~1% of a low degradable plastic (polylactide, L) or a high degradable plastic (caprolactam-polyester copolymer, C) was applied to the soil; the fresh weight; leaf number; shoot/root (S/R) ratio; and ascorbic acid, nitrate, and total or water-soluble oxalic acid contents of plants grown in treated soil were almost equal to those of the control. A 10% L application did not result in the reduction of plant growth, whereas a 10% C application reduced plant growth.

In experiment 2, no differences were observed in the growth and contents of nitrate and total or water-soluble oxalic acid of plants grown in soil treated with 1% C, L, and B (polybutylene succinate adipate copolymer, B (a high biodegradable plastic)) each. A 10% B application reduced plant growth.

Our findings suggested that a low-level (0.05%~1%) application of biodegradable plastics in soil might not be toxic for plant growth in agriculture

キーワード：ハウレンソウ, 生分解性プラスチック, 分解性, 土壌, 育成, 成分

1. はじめに

近年、環境保護の面からさまざまな分野において生分解性プラスチックが使われるようになり、買い物袋や、歯ブラシ、携帯電話、パソコンなど、その用途は多岐にわたっている¹⁾。農業分野ではマルチシートや、野菜等の育苗用ポットなどに使用されている¹⁾。生分解性プラスチックは完全に分解されると水と二酸化炭素になることはよく知られているが、土壌中の分解過程が植物に及ぼす影響には不明な点が多い。しかし、生分解性プラスチックが添加された土壌における植物育成を調べた報告は見あたらない。今後、生分解性プラスチックの利用が更に増大することを想定すると、その影響について調べることは有意義なことと思われる。

る。

一方、堆肥や緑肥などの有機質資材の施用は品質の向上、収穫量の増加を見込むための有効な手段とされている^{2, 3, 4, 5)}。しかし、生分解性プラスチックが有機質資材として有用であるか否かについては不明である。

そこで、本実験では、土壌中に生分解性プラスチックを混合させて植物栽培を行い、育成や体内成分に及ぼす影響を、分解性の難易、化学的性質および混合割合の面から検討した。また、その結果から、生分解性プラスチックが有機質資材としての利用も可能か否かを検討した。

* 大学院理工学研究科

** 理工学部環境科学科

2. 実験方法

①第1次栽培実験

供試植物としてホウレンソウ (*Spinacia oleracea* L. 品種次郎丸(アタリヤ農園製))を用いた。種子の外皮を割り、0.5%次亜塩素酸ナトリウム溶液で滅菌した後、滅菌水で湿らせた滅菌ろ紙を敷いた滅菌シャーレに8～10粒ずつ播種し、アルミ箔で覆い、1～2mm程度に成長するまで人工光型植物育成装置(小糸工業㈱製 パーソナルグロースキャビネット; コイトロンHN M-S11 型: 装置内床面の平均光強度約 $220 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、明期14時間、暗期10時間、温度は明期25℃、暗期20℃、相対湿度は約70%)内で催芽させた。

栽培土壌として市販の園芸用培養土、Fujimi 製 Delux ガーデニング培養土(天然熟成発酵土、硬質赤玉土、バーミキュライト、ピートモス、ゼオライト緩効性肥料(N6,P36,K6,Ng16)混合)を用い、カプロラクトン系ポリエステル共重合体からなる易分解性プラスチック(以下記号 C)と、ポリ乳酸からなる難分解性プラスチック(以下記号 L)を供試し、土壌に対して0%(対照)、0.05%、0.1%、1%、10%の割合(w/w)で土壌をポットに詰める際に均一に混合した区を設け、各区6連とした。

施肥は、窒素、リン、カリウムを乾土1kg当り、Nとして0.167g、 P_2O_5 として0.167g、 K_2O として0.167gとなるようにそれぞれ尿素、リン酸二水素カリウム、硝酸カリウムを水溶液で基肥として行った。なお、追肥は行わなかった。

栽培には1L容ポットを用い、催芽した種子を1ポット当たり8～9粒ずつ播種し第一本葉展開後に1ポットあたり1個体に間引きした。栽培は、自然光型ファイトロン(小糸工業(株)製コイトロン S-180)内で、栽培温度は昼27℃、夜20℃、相対湿度は約70%とし、最大容水量の約60%となるように適宜脱イオン水を与えながら、市販のホウレンソウと同程度の成育を示すまで行った。なお、Lを供試した栽培を2005年10月25日～12月2日に、また、Cを供試した栽培を2005年12月30日～2006年2月6日に、いずれも39日間行った。

栽培終了後、成長分析として葉数、葉部、根部の新鮮重、根部に対する茎葉部の割合(S/R比)の測定を行った。また、成分分析として葉部のアスコルビン酸含量をヒドラジン比色法で、さらに葉部を80℃で48時間通風乾燥し、硝酸・全・水溶性シュウ酸含量をイオンクロマトグラフィーにより、それぞれ測定した。

②第2次栽培実験

供試ホウレンソウとして品種アクティブ法蓮草(アタリヤ農園製)を使用した。また、供試生分解性プラスチックはC、Lの他にポリブチレン・サクシネート・アジペートからなる易分解性プラスチック(以下記号B)も供試した。処理区として、土壌に対して0%(対照)、B1%、C1%、L1%、B10%の割合(w/w)で土壌に均一に混合した区を設け、各区6連とした。栽培は2006年6月10日～7月10日の32日間行った。

なお、この他の実験条件、分析項目等は第1次栽培実験に準じた。

3. 結果

①第1次栽培実験

i) 葉部及び根部の1ポット当りの新鮮重

Lを混合して栽培したホウレンソウの結果を図1に、またCを混合したときの結果を図2に示した。

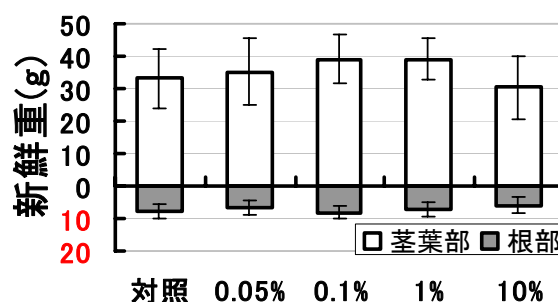


図1 L混合栽培の1ポット当りの新鮮重
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

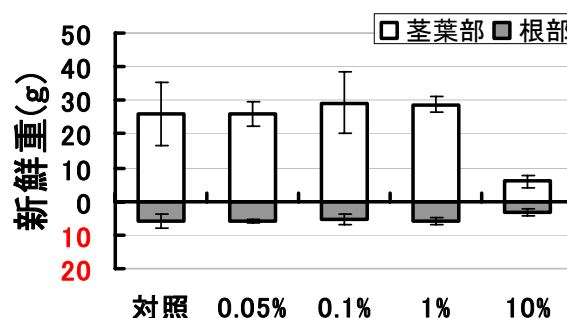


図2 C混合栽培の1ポット当りの新鮮重
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

どちらも 0.05%~1%区で若干の増加が見られたが、大きな差があるというほどではなかった。一方、10%混合した場合は、Lの新鮮重の低下はわずかであったのに対し、Cを添加した場合には、対照区の約 20%まで低下していた。また、根の育成には、Lでは処理区間に大きな差は見られなかった。これに対して、Cでは対照区から 1%区までの間に大きな差は見られなかったが、10%区では対照区の約 60%に低下した。

ii) 葉数

Lの結果を図 3 に、また Cの結果を図 4 にそれぞれ示した。

C、Lともに、0.05%~1%区では対照区よりも増加する傾向が見られた。しかし、10%混合した場合には、Lでは対照区の約 80%であったのに対して、Cでは対照区の約 50%に低下した。

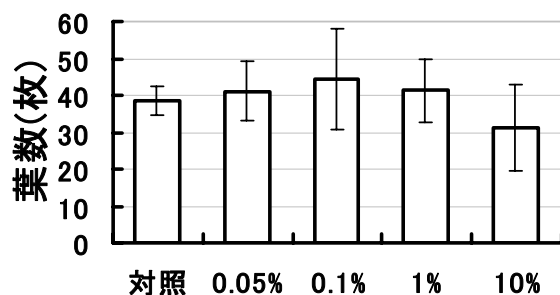


図3 L混合栽培の1ポット
当りの葉数
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6)

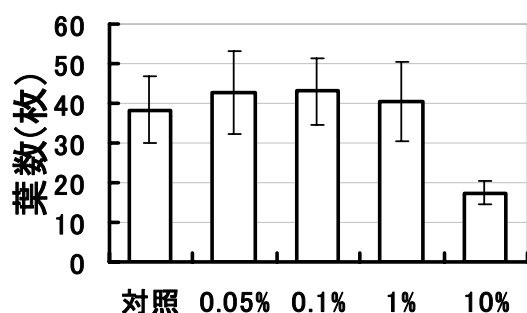


図4 C混合栽培の1ポット
当りの葉数
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6)

iii) S/R 比

Lの結果を図 5 に、Cの結果を図 6 に示した。
成長の低下が見られなかった 0.05%~1%区では、

L、Cのどちらも対照区と同程度か、やや高くなる傾向がみられた。また、Lの 10%区では、S/R 比に変化はほとんど見られなかったのに対して、Cを混合させた場合には大きく低下した。

図 5 の 1%区および、10%区の標準偏差の値が大きい結果を示した。これは、葉部、根部共に新鮮重のばらつきが大きかったことによると思われる。

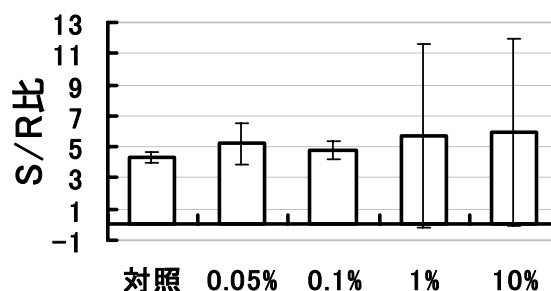


図5 L混合栽培の1ポット
当りのS/R比
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6)

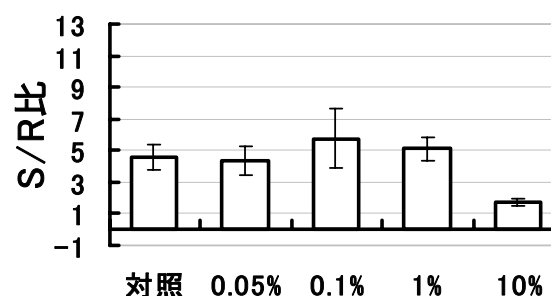


図6 C混合栽培の1ポット
当りのS/R比
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6)

iv) 新鮮重 100g 当りのアスコルビン酸含量

Lの結果を図 7 に、Cの結果を図 8 に示した。

Lでは、生分解性プラスチックの混合割合が高くなるにつれてアスコルビン酸量は低下した。一方、Cの場合には、0.1%区でやや減少傾向が見られたが、1%区までの間では大きな差は見られなかった。Cの 10%区では、植物体の成長は大きく低下したにもかかわらずアスコルビン酸含量は対照区に比べて大きく増加した。

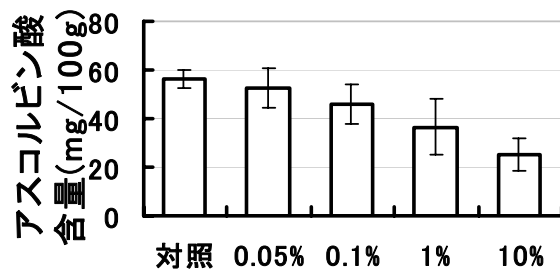


図7 L混合栽培の1ポット当りのアスコルビン酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

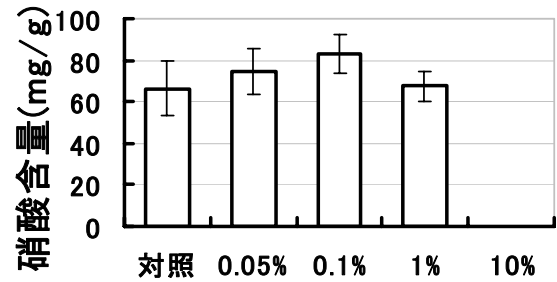


図10 C混合栽培の1ポット当りの硝酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6, 10%:n=1)

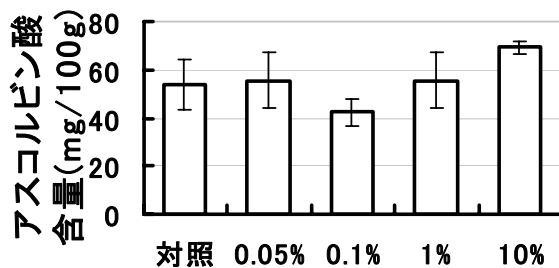


図8 C混合栽培の1ポット当りのアスコルビン酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6, 10%:n=3)

v) 乾物 1g 当りの硝酸含量

Lの結果を図9に、Cの結果を図10に示した。

硝酸含量は、Cの10%区では検出限界以下の値であった。対照区から1%区の間では大きな変動はみられなかった。また、Lでは10%までの混合割合では、大きな変化はみられなかった。

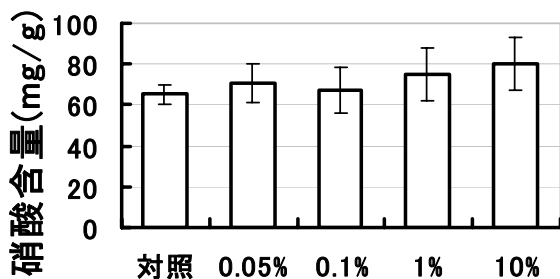


図9 L混合栽培1ポット当りの硝酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

vi) 乾物 1g 当りの全シュウ酸含量

Lの結果を図11に、Cの結果を図12に示した。

Cでは、10%区で対照区の約60%に低下したが、対照区から1%区の間には大きな変化はみられなかった。また、Lでは対照区から10%区の間で混合割合による差はほとんどみられなかった。

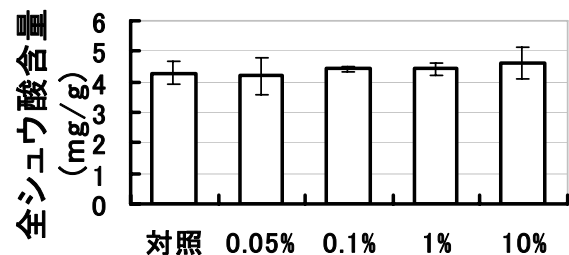


図11 L混合栽培の1ポット当りの全シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

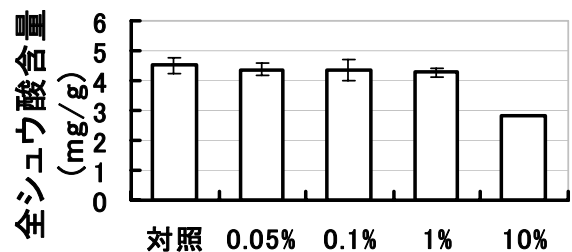


図12 C混合栽培の1ポット当りの全シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6, 10%:n=1)

vii) 乾物 1g 当りの水溶性シュウ酸含量

Lの結果を図13に、Cの結果を図14に示した。

Cでは10%区で対照区の約50%にそれぞれ低下したが、対照区から1%区までの間には大きな変化はみられなかった。また、Lでは対照区から10%区の間で混合割合による差はほとんどみられなかった。

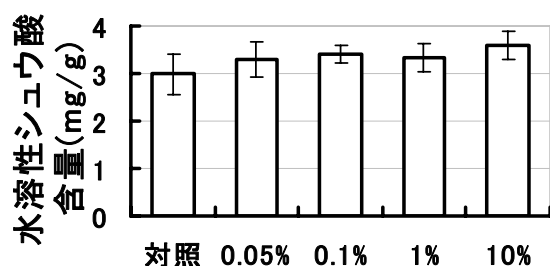


図13 L混合栽培の1ポット当りの水溶性シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

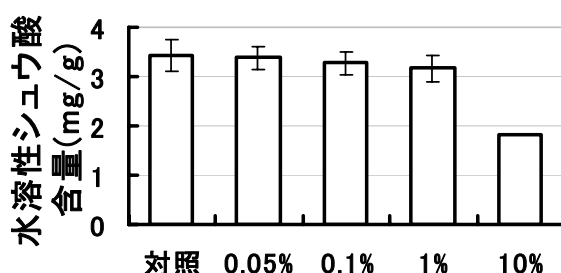


図14 C混合栽培の1ポット当りの水溶性シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6, 10%: n=1)

②第2次栽培実験

i) 葉部及び根部の1ポット当りの新鮮重

結果を図15に示した。

対照区とB、C、L1%区の間には大きな差は見られなかったが、Bを10%混合させた場合には、茎部では対照区の約5%まで、根部では約60%まで減少した。

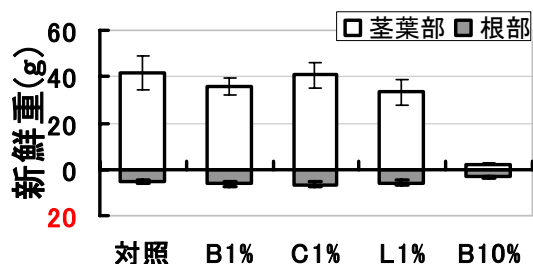


図15 第2次栽培実験1
ポット当り新鮮重
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

ii) 葉数

結果を図16に示した。

葉数についても、新鮮重と同様、対照区と各1%区の間には大きな差は無く、B10%区で対照区の約30%まで減少した。

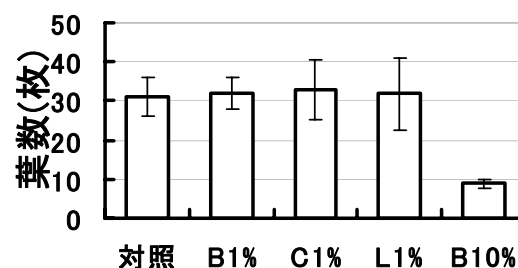


図16 第2次栽培実験1
ポット当り葉数
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

iii) S/R 比

結果を図17に示した。

成長の低下がほとんど見られなかった各1%区でも低下したが、分解性の難易や化学的性質による違いはみられなかった。また、B10%区では各1%区に比べて大きく低下していた。

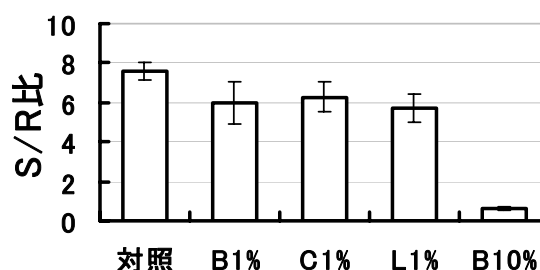


図17 第2次栽培実験1
ポット当りS/R比
(グラフ棒中垂線は標準偏差, n=6)

iv) 新鮮重 100g 当りのアスコルビン酸含量

結果を図18に示した。

対照区と各1%区の間には大きな差は見られなかった。B10%区では成長が大きく低下したものの、対照区よりも大きく上昇する傾向を示した。

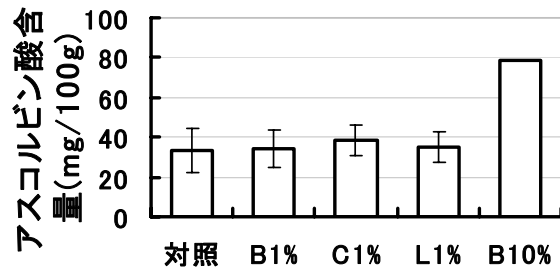


図18 第2次栽培実験1ポット
当リアスコルビン酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6,B10:n=1)

v) 乾物 1g 当りの硝酸含量

結果を図 19 に示した。

B10%区では検出されなかった。B1%区でわずかに減少傾向が見られたが、対照区と各 1 %区の間では大きな差は見られなかった。

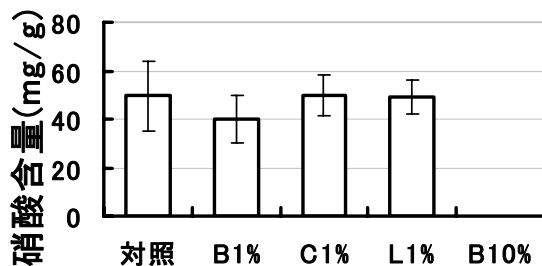


図19 第2次栽培実験1ポット
ト当り硝酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6,B10:n=1)

vi) 乾物 1g 当りの全シュウ酸含量

結果を図 20 に示した。

各 1%区、B10%区の順に低下する傾向が見られた。しかし、各 1%区内で大きな差は見られなかった。大きく減少した B10%区の減少率は、対照区に対して約 45%であった。

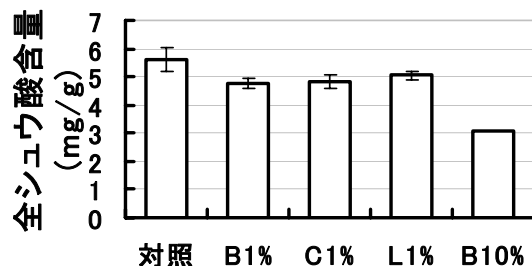


図20 第2次栽培実験1ポット
当り全シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6,B10:n=1)

vii) 乾物 1g 当りの水溶性シュウ酸含量

結果を図 21 に示した。

各 1%区、B10%区の順に低下する傾向が見られた。しかし、各 1%区内で大きな差は見られなかった。大きく減少した B10%区の減少率は、対照区に対して約 60%であった。

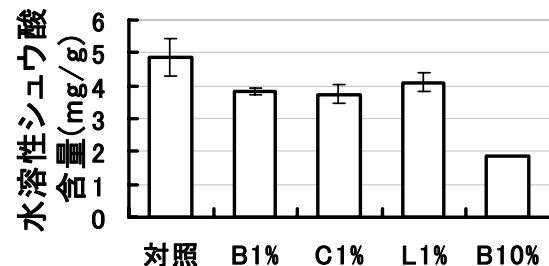


図21 第2次栽培実験1ポット
当り水溶性シュウ酸含量
(グラフ棒中垂線は標準偏差,n=6,B10:n=1)

4. 考察

本研究で供試した生分解性プラスチックの土壤中での分解については、これらを素材としたフィルムを土壤中に埋設した後の各種実験により次のように報告されている⁶⁾。すなわち、外観および微構造観察、質量の変化、引張試験において、BおよびCはどちらも同程度に分解されやすいことが、またLは極めて分解されにくいことが示されている。しかし、本研究の栽培過程において生分解性プラスチックの分解の様相を観察していない。

本研究では、第1次栽培実験においてCを、また第2次栽培実験においてBをそれぞれ 10%混合した土壤中にホウレンソウを栽培したとき、アスコルビン酸を除いたすべての項目で他の区よりも減少したが、アスコルビン酸含量は他の区よりも著しく増加する現象がみられた。一方、Lを 10%混合したとき、アスコルビン酸含量は低下した。アスコルビン酸はストレス環境下で育成した植物体で増加することが知られている。これらのことから、易分解性プラスチックであるBおよびCの混合割合が高くなると、分解によるストレスが植物育成に阻害をもたらす可能性が考えられた。しかし、BおよびCの 10%区では植物体の乾物量が少なく、これらの成分の分析をポット毎にまとめて行ったため、高レベルに易分解性生分解性プラスチックを混合したときのホウレンソウの育成低下に対する要因の解明には、詳細な検討が必要である。

なお、本研究に供試した生分解性プラスチックの土壌への混合にともなう土壌の物理的、化学的および生物学的性質の変化についての報告は見あたらない。

次に、堆肥や緑肥などの有機質資材の土壌への添加によるハウレンソウなど葉菜類の品質の向上についてはよく調べられている^{2, 3, 4, 5)}。ハウレンソウの場合、アスコルビン酸含量の増加、硝酸、全および水溶性シュウ酸含量の低下が品質向上の指標とされている。しかし、生分解性プラスチックを素材とする有機質資材の土壌への混合による品質の変化に関する報告は見あたらない。本研究では、BおよびCを10%混合すると植物体の成育は著しく低下したので、葉菜類としての品質は低くなったものと考えられる。また、Lでは、成育の大きな低下はみられなかったものの10%混合したときにはアスコルビン酸含量が低下していた。これらのことから、本研究で供試した生分解性プラスチックは、葉菜類の品質の向上を図るための有機質資材としてみた場合には有用性は低いのではないかと思われる。

一方、意図せずに生分解性プラスチックが土壌中に混合された場合を想定すると、1%以下の低レベルであれば、ハウレンソウの成育や品質に関わる成分に大きな変化はみられなかったことから、生分解性プラスチックは有用な農業資材となりえるとも言えよう。しかし、低レベルの生分解性プラスチックの混合が土壌の理化学性に及ぼす影響に基づいた詳細な検討が今後必要である。

5. 謝辞

本研究は文部省ハイテク・リサーチ・センター整備事業(平成17年度～平成18年度)による助成を受けて行った。

引用文献

1. 生分解性プラスチック研究会：トコトンやさしい生分解性プラスチックの本，日刊工業新聞社，東京，2004.
2. 小川吉雄 日高 伸：土壌改良資材，*土肥誌* 67(5)：575 - 579, 1996.
3. 藤原俊六郎，後藤逸男：土壌改良資材，*土肥誌* 70(5)：707 - 712, 1999.
4. 後藤逸男，郡司掛則昭：土壌改良資材，*土肥誌* 73(特集)：699 - 703, 2002.
5. 松村昭治，木村 武，郡司掛則昭：土壌改良資材，*土肥誌* 76(特集)：786 - 719, 2005.
6. 仮屋園広幸，西元研了，濱石和人：生分解性プラスチックフィルムの鹿児島県内における土壌中での分解性，*鹿児島県工業技術センター研究報告*，14：39 - 43, 2000.